

PAT-NO: JP407243939A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 07243939 A

TITLE: LOW-COHERENT REFLECTOMETER AND
REFLECTION MEASURING METHOD

PUBN-DATE: September 19, 1995

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

TAKADA, KAZUMASA

HORIGUCHI, MASA HARU

YAMADA, HIROAKI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP06034553

APPL-DATE: March 4, 1994

INT-CL (IPC): G01M011/02, G01M011/00

ABSTRACT:

PURPOSE: To concurrently measure the distribution of multiple reflection by feeding one branch light branched from the outgoing light into light guide paths to be tested, synthesizing the generated reflected light with the other branch light, and detecting the intensity of the synthesized light.

CONSTITUTION: A photo-coupler 12 used as an optical means branches the outgoing light of a light source 1, one branch light is fed to light guide

paths 26-30 to be tested, and the reflected light generated in the light guide paths 26-30 is synthesized with the other branch light. A light detector 10 used as a light detecting means detects the intensity of the light synthesized by the photo-coupler 12. Multiple light guide paths 26-30 are connected to ports 15-19 respectively. Modulators 21-25 are installed, and the modulators 21-25 are driven at different frequencies. The frequency constituents corresponding to the driving frequencies in the interference constituents are detected. The reflection distribution is obtained based on the constituents. Level meters 31-35 are adjusted to measure the signal levels of various frequencies at the band width of 1Hz.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-243939

(43) 公開日 平成7年(1995)9月19日

(51) Int.Cl.⁹

G 0 1 M 11/02
11/00

識別記号

庁内整理番号

J 9309-2G
R 9309-2G

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平6-34553

(22) 出願日 平成6年(1994)3月4日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社
東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 高田 和正

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

(72) 発明者 堀口 正治

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

(72) 発明者 山田 裕朗

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日
本電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 井出 直孝 (外1名)

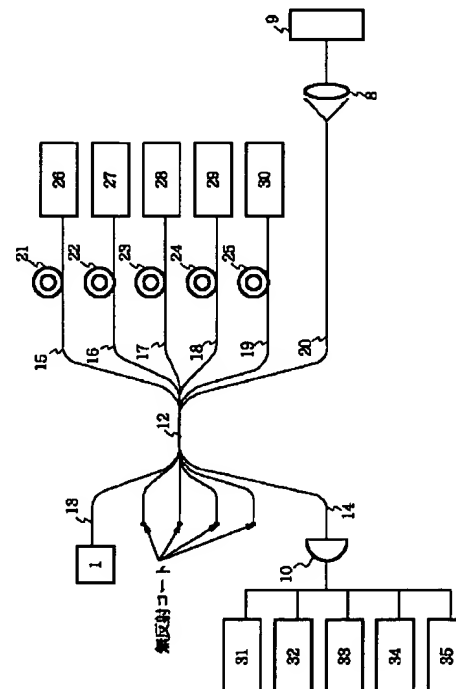
(54) 【発明の名称】 低コヒーレントリフレクトメータおよび反射測定方法

(57) 【要約】

【目的】 複数の光導波路の後方散乱光や反射光の分布状態を短時間に測定する。

【構成】 低コヒーレントな光源の出射光を複数に分岐する光カプラのポートに複数の光導波路を同時に接続する。このポート毎に変調器を設け、それぞれ異なる周波数または位相により変調する。反射光を測定するときは、この周波数または位相を弁別して検波し測定する。

【効果】 単位サンプル当たりの測定時間を短縮できる。これにより、従来困難であった後方レーリイ散乱による光導波路診断を迅速に行い、作製プロセスに評価結果を速やかにフィードバックすることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光源(1)と、

この光源の出射光を分岐しそのひとつの分岐光を被試験光導波路に入射するとともにその被試験光導波路内で生じた反射光を別の分岐光に合波する光学手段(12)と、

この光学手段により合波された光の強度を検出する光検出手段(10)とを備えた低コヒーレントリフレクトメータにおいて、

前記光学手段は少なくとも2つのポートを含む入出力側と少なくとも3つのポートを含む反射側とが対向して設けられた光カプラを含み、

前記入出力側の第一のポートに前記光源が接続され、前記反射側の第一および第二のポートには被試験光導波路(26~30)が、第三のポートには光反射手段(9)がそれぞれ接続され、

この反射側の前記被試験光導波路が接続された通路には、それぞれポートを識別できるように異なる変調波により変調を行う光学的変調手段(21~25)を備え、前記光検出手段(10)の出力にはこの変調波を識別する検波手段(31~35)を備えたことを特徴とする低コヒーレントリフレクトメータ。

【請求項2】 前記光学的変調手段は位相または周波数を変調する手段を備え、

前記検波手段は位相または周波数弁別手段を含む請求項1記載の低コヒーレントリフレクトメータ。

【請求項3】 前記光学手段は少なくとも3つのポートを含む入出力側および反射側とが対向して設けられた光カプラを含み、

この入出力側の第一ポートに光源が、第二および第三のポートには光検出手段がそれぞれ接続され、

この第二および第三のポートに接続された光検出手段の出力差を求める手段を含む請求項1または2記載の低コヒーレントリフレクトメータ。

【請求項4】 光源の出射光を分岐しそのひとつの分岐光を被試験光導波路に入射するとともにその被試験光導波路内で生じた反射光を別の分岐光に合波し、この合波された光の強度を検出する反射測定方法において、

少なくとも2つのポートを含む入出力側と少なくとも3つのポートを含む反射側とが対向して設けられた光カプラを用い、

前記入出力側の第一のポートに前記光源を接続し、前記反射側の第一および第二のポートには被試験光導波路をそれぞれ接続し第三のポートには光反射手段を接続し、

この反射側の前記被試験光導波路からの被測定光をそれぞれ識別できるように異なる変調波により変調を行い、この変調波を識別して前記光の強度を検出することを特徴とする反射測定方法。

【請求項5】 前記被測定光を位相または周波数により

変調を行い、

この位相または周波数を弁別して光の強度を検出する請求項4記載の反射測定方法。

【請求項6】 少なくとも3つのポートを含む入出力側および反射側とが対向して設けられた光カプラを用い、この入出力側の第一ポートに光源を接続し第二および第三のポートにはそれぞれ光検出手段を接続し、

この第二および第三のポートに接続された光検出手段の出力差を求める請求項4または5記載の反射測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は光導波路の検査に利用する。本発明は低コヒーレント光干渉を利用して高空間分解能で光導波路の反射分布を測定するリフレクトメータ、すなわち低コヒーレントリフレクトメータ(OLCR)に利用する。特に、複数の被試験光導波路を同時に短時間で検査する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】光通信を高速かつ円滑に行うためには、複雑かつ長大な光導波路における反射分布の状況を正確に把握し、それに適応した光波長、パルス幅等を用いることが要求される。このような反射分布の把握のために測定方法および装置の開発が強く望まれる状況にある。

【0003】従来例を図6を参照して説明する。図6は基本となる従来の低コヒーレントリフレクトメータ(OLCR)の測定系を示す図である。光源1は発光スペクトル幅10nmの光を発生する。光カプラ2は2入力2出力である。光源1からの出射光は、ポート3より光カプラ2に入射して二分される。二分された一方はポート5を通過して被試験光導波路7に入射する。被試験光導波路7内の各点に存在する散乱点や反射点によりそれぞれ後方散乱光や反射光(以後、両者をまとめて反射光と呼ぶ)が生じる。反射光はポート5を逆方向に伝搬する。二分された他方の光は局発光として、ポート6を通過してコリメートレンズ8により平行光となり反射鏡9で反射された後に再び光カプラ2にポート6から入射する。被試験光導波路7からの反射光と局発光とは光カプラ2で合波されてポート4より出射される。出射光は光検出器10で受光され、その干渉成分がレベルメータ11により測定される。これを動作するには、反射鏡9をビーム方向に移動させて、各反射鏡9の位置に対する干渉強度をレベルメータ11で検出する。光源1の出力光のコヒーレント長が50μm程度であるため、反射鏡9の各位置に対して、局発光と50μm以内で光路長の合致した反射光のみが局発光と干渉するので、反射鏡9の各位置と被試験光導波路7の各散乱点が一対一に対応する。このように、被試験光導波路7の反射分布を測定することができる。このとき、光検出器10で生じる光電流I_iは次の式で表される。

【0004】

【数1】

$$I_1 = C_1 \{ I_3 + I_4 + 2\sqrt{I_3 I_4} \cos(2\pi f t) \}$$

ここで、 I_3 は被試験光導波路7内の特定の反射点で生じた反射信号の光電流（反射強度に比例）、 I_4 は局部発振光の光電流、 C_1 は定数、 f は反射鏡9の一定速度の移動によって生じるドップラー周波数変位、 t は時間である。したがって、その地点に対して測定された干渉強度、すなわち、 $2C_1 (I_3 I_4)^{1/2} \cos(2\pi f t)$ の時間についての二乗平均値 $2C_1^2 I_3 I_4$ は、反射強度に比例する。このため、レベルメータ11の出力がその地点の反射率を表すことになる。このようにして、反射鏡9の移動によって被試験光導波路7内の散乱点や反射点の分布を測定できる。

【0005】その他の従来例を図7を参照して説明する。図7はその他の従来例を示す図である。図7は本願出願人が特願平5-243186号において提案した測定系である（本願出願時に未公開）。本提案の構成を用いることにより、これまで複雑な測定系を用いていた差動増幅器50によるバランス検波を簡単な測定系により

実現することができる。
【0006】すなわち、光源1として熱輻射光と同じ統計に従うスペクトル幅の広いものを使用する。このため、光源1の強度雑音がレーザ光に比較して非常に大きくなり、感度を制限する要因となる。そこで、低コヒーレントリフレクトメータには、この光源1の強度雑音を相殺することができるバランス検波を用いることが望ましい。

$$I_1 = C_3 \{ I_3 + I_4 + 2\sqrt{I_3 I_4} \cos(2\pi f t) \}$$

$$I_2 = C_3 \{ I_3 + I_4 + 2\sqrt{I_3 I_4} \cos(2\pi f t + 2\pi/3) \}$$

と表される。ここで C_3 は定数である。すなわち、3入力3出力構成の光カプラ40を用いた場合、 I_1 と I_2 において、強度雑音の原因である右辺第1項と第2項はいずれも $C_3 (I_3 + I_4)$ となって共通であるが、右辺第3項の干渉成分の位相は互いに $2\pi/3$ ずれてい

$$I_1 - I_2 = 2\sqrt{3} C_3 \sqrt{I_3 I_4} \sin(2\pi f t + \pi/3)$$

したがって、干渉成分をレベルメータ11で検出できるとともに、光源1の強度雑音は相殺される。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかし、図6または図7に示した測定系は、被試験光導波路を一つ測定する毎に測定系が一台必要となる。被試験光導波路内の後方レーリイ散乱を高い信号対雑音比（S/N）により測定するときには、一般に一点当たり10秒を要する。このため、仮に被試験光導波路上の1000点を測定しようとするれば約3時間を要する。したがって、従来の測定系で多くの光導波路の後方レーリイ散乱分布を測定しようすると膨大な時間がかかってしまう。

*【0007】光源1からの出射光はポート41から3入力3出力構成の光カプラ40に入射し、光パワーが3等分されてそれぞれポート44～46から出射される。これらのポート44～46のうちポート44は、図6に示した基本構成におけるポート5と同様に、被試験光導波路7に接続される。ポート46は、図6に示したポート6と同様に、局部発振光用のポートとして使用される。ポート45は未使用とする。ここで、この装置ではポート44より先の部分の反射を測定するので、ポート45の長さをポート44よりも短くし、かつポート45の端面に無反射コートを施しておき、ポート45からの反射光（このポート中での後方レーリイ散乱光や出射端の端面反射）が被試験光導波路7からの信号（反射光）と混入しないようにしておく。被試験光導波路7からの反射光と局部発振光とは光カプラ40により合波され、その合波光はポート42と43を通過して2個の光検出器10₁、10₂により受光される。

【0008】光パワーを3等分する3入力3出力の光カプラ40で反射光と局部発振光とを合波してポート42、43から出射するとき、位相差は互いに $2\pi/3$ ずつずれる。このため、光検出器10₁、10₂からの光電流出力は次式で表される。

【0009】

【数2】

※。したがって、差動増幅器50からの出力は次式で表される。

【0010】

【数3】

★【0012】本発明は、このような背景に行われたものであり、複数の被試験光導波路の反射分布を同時に測定することにより単位サンプル当たりの測定時間の短縮を可能とする低コヒーレントリフレクトメータおよび反射測定方法を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の第一の観点は、光源（1）と、この光源の出射光を分岐しそのひとつの分岐光を被試験光導波路に入射するとともにその被試験光導波路内で生じた反射光を別の分岐光に合波する光学手段（12）と、この光学手段により合波された光の強度を検出する光検出手段（10）とを備えた低コヒー

★50

5

ントリフレクトメータである。

【0014】ここで、本発明の特徴とするところは、前記光学手段は少なくとも2つのポートを含む入出力側と少なくとも3つのポートを含む反射側とが対向して設けられた光カブラを含み、前記入出力側の第一のポートに前記光源が接続され、前記反射側の第一および第二のポートには被試験光導波路(26~30)が、第三のポートには光反射手段(9)がそれぞれ接続され、この反射側の前記被試験光導波路が接続された通路には、それぞれポートを識別できるように異なる変調波により変調を行う光学的変調手段(21~25)を備え、前記光検出手段(10)の出力にはこの変調波を識別する検波手段(31~35)を備えるところにある。前記光学的変調手段は位相または周波数を変調する手段を備え、前記検波手段は位相または周波数弁別手段を含むことが望ましい。

【0015】あるいは、前記光学手段は少なくとも3つのポートを含む入出力側および反射側とが対向して設けられた光カブラを含み、この入出力側の第一ポートに光源が、第二および第三のポートには光検出手段がそれぞれ接続され、この第二および第三のポートに接続された光検出手段の出力差を求める手段を含む構成とすることもできる。

【0016】本発明の第二の観点は、光源の出射光を分岐しそのひとつの分岐光を被試験光導波路に入射するとともにその被試験光導波路内で生じた反射光を別の分岐光に合波し、この合波された光の強度を検出する反射測定方法である。

【0017】ここで、本発明の特徴とするところは、少なくとも2つのポートを含む入出力側と少なくとも3つのポートを含む反射側とが対向して設けられた光カブラを用い、前記入出力側の第一のポートに前記光源を接続し、前記反射側の第一および第二のポートには被試験光導波路をそれぞれ接続し第三のポートには光反射手段を接続し、この反射側の前記被試験光導波路からの被測定光をそれぞれ識別できるように異なる変調波により変調を行い、この変調波を識別して前記光の強度を検出するところにある。前記被測定光を位相または周波数により変調を行い、この位相または周波数を弁別して光の強度を検出することが望ましい。

【0018】あるいは、少なくとも3つのポートを含む入出力側および反射側とが対向して設けられた光カブラを用い、この入出力側の第一ポートに光源を接続し第二および第三のポートにはそれぞれ光検出手段を接続し、この第二および第三のポートに接続された光検出手段の出力差を求めることもできる。

【0019】

【作用】低コヒーレント光源を用い、この光源の出射光を分岐し、そのひとつの分岐光を被試験光導波路に入射するとともに、その被試験光導波路内で生じた反射光を

6

別の分岐光に合波し、この合波された光の強度を検出することにより被試験光導波路の反射測定を行う。すなわち、別の分岐光は反射鏡により反射されて戻り、これと被試験光導波路からの反射光とが合波される。これにより、反射鏡の各位置に対して、光路長の合致した反射光のみが局部発振光と干渉する。このため、反射鏡の各位置と被試験光導波路の各散乱点とが1対1に対応し、被試験光導波路の反射分布を測定することができる。

【0020】このとき、複数の被試験光導波路を同時に測定するために、複数の分岐光を作りそれぞれ複数の被試験光導波路に同時に入射させる。この複数の被試験光導波路からの反射光と反射鏡からの反射光とを合波して干渉させるのだが、この干渉光が同時に光検出器に入射されると、それらは混合されて被試験光導波路毎に弁別することが困難になる。そこで、本発明ではこの弁別を容易にするために、被試験光導波路毎に光に固有の識別信号を付与することにした。

【0021】この識別信号は、各被試験光導波路に入射する光に例えば、それぞれ異なる周波数により位相変調を施すことにより付与すればよい。これにより、複数の被試験光導波路からほとんど同時に到来する干渉光をそれぞれの被試験光導波路毎に弁別し、それぞれの反射分布を測定することができる。また、光源の強度雑音を相殺するために、バランス検波を用いることもできる。バランス検波の出力を前述したように周波数毎に弁別して反射分布を測定する。

【0022】

【実施例】本発明第一実施例の構成を図1を参照して説明する。図1は本発明第一実施例の測定系の構成を示す図である。

【0023】本発明は、光源1と、この光源1の出射光を分岐しそのひとつの分岐光を被試験光導波路26~30に入射するとともにその被試験光導波路26~30内で生じた反射光を別の分岐光に合波する光学手段としての光カブラ12と、この光カブラ12により合波された光の強度を検出する光検出手段としての光検出器10とを備えた低コヒーレントリフレクトメータである。

【0024】ここで、本発明の特徴とするところは、光カブラ12は少なくとも2つのポートを含む入出力側と少なくとも3つのポートを含む反射側とが対向して設けられた光カブラ12であり、この入出力側のポート13に光源1が接続され、前記反射側のポート15~19には被試験光導波路26~30が、ポート20には光反射手段としての反射鏡9がそれぞれ接続され、この反射側の被試験光導波路26~30が接続された通路には、それぞれポート15~19を識別できるように異なる変調波により変調を行う光学的変調手段としての変調器21~25を備え、光検出器10の出力にはこの変調波を識別する検波手段としてのレベルメータ31~35を備えるところにある。変調器21~25は位相または周波数

を変調する手段を備え、レベルメータ31~35は位相または周波数弁別手段を含む。以下では、変調器21~25は位相変調を行い、レベルメータ31~35は位相弁別手段を含むとして説明する。

【0025】次に、本発明第一実施例の動作を説明する。変調器21~25は、各ポート15~19の光ファイバの一部を円筒型の電歪振動子に巻付けた構造である。ここで、マルチポートの光カプラ12は、複数本の光ファイバを一括して融着遠心する方法により作製されたものを用いたが、複数個の2入力2出力の光カプラを接続することにより、同様の機能を実現することもできる。

【0026】図2は、変調器21に加えるランプ波形および正弦的に変化するビート信号を示す図である。図2(a)は、変調器21に加えるランプ波形を示す。このランプ波は20m秒の一周期により電圧が直線的に増加するので、被試験光導波路26からの反射光とポート20からの局発光との干渉によって生じるビート信号の位相もこの時間内で直線的に変化する。そこで、ビート信号の位相が一周期で 2π ラジアンだけ変化するようにランプ波のピーク電圧を調整することにより、図2(b)に示すような時間に対して周波数50Hzで正弦的に変化するビート信号が得られる。他のポートの変調器22~25に対しても、正弦的に変化するビート信号が得られるようにランプ波の駆動電圧を調整した結果、本発明第一実施例では、被試験光導波路26~30からの反射光に対して、それぞれ50、60、70、80、90Hzのビート信号が発生する。

【0027】レベルメータ31~35は、バンド幅1Hzでそれぞれ50、60、70、80、90Hzの周波数の信号レベルを測定するように調整されている。バンド幅がこれら周波数間隔よりも十分狭いので、それぞれのレベルメータ31~35は設定されたビート信号のみを測定するだけで、他の周波数のビート信号の混入は無視することができる。このため、レベルメータ31~35の出力は、それぞれ被試験光導波路26~30の反射によって生じたビート成分のみを測定することができる。

【0028】本発明第一実施例における測定手順を図3を参照して説明する。図3は本発明第一実施例の測定手順を示すフローチャートである。複数の被試験光導波路26~30を該当ポート15~19に接続する(S1)。変調器21~25を設置する(S2)。各変調器21~25を異なる周波数で駆動する(S3)。干渉成分中の各駆動周波数に対応した周波数成分を検波する(S4)。各成分より反射分布を求める(S5)。

【0029】次に、本発明第一実施例の測定結果を図4を参照して説明する。図4は本発明第一実施例の測定結果を示す図である。本発明第一実施例において、各ポート15~19に同一の周波数の位相変調を加えた場合の

レベルメータ31の出力変化を図4(a)に示し、各ポート15~19にそれぞれ異なる周波数50、60、70、80、90Hzの位相変調を加えたときのレベルメータ31の出力変化を図4(b)に示す。同一の周波数に加えたのは、干渉成分をレベルメータ31で検波するためのビート周波数を発生させるためである。この場合、全てのビート信号がレベルメータ31~35の検波バンド内に入ってしまうので、図4(a)に示すように、入射点近辺の5個のピークがどの被試験光導波路26~30の入射点で生じた反射であるのか識別できない。また、各後方レーリイ散乱光間の干渉により、長手方向にランダムな信号変化が生じてしまうため、後方レーリイ散乱信号の減衰傾向から各被試験光導波路26~30の損失を評価することも不可能である。

【0030】一方、異なる周波数で位相変調することにより、図4(b)に示すように、被試験光導波路26のみの反射ピークと、減衰する後方レーリイ散乱信号とを求めることができる。この場合、レベルメータ31~35でそれぞれ観測した反射分布は、図6または図7に示した従来例によりそれぞれ独立に測定した反射分布とよく一致したことから、複数の被試験光導波路26~30の同時測定が本発明第一実施例により実現されたことが示された。

【0031】次に、本発明第二実施例を図5を参照して説明する。図5は本発明第二実施例の測定系を示す図である。本発明第二実施例では、二つの光検出器10₁および10₂および差動増幅器50を用いて特願平5-243186号に示したバランス検波を適用するものである。バランス検波後の出力を本発明第一実施例と同様に位相または周波数により弁別し、それぞれの被試験光導波路毎の反射分布を測定する。これにより、測定時間を短縮した上に、光源1の強度雑音の影響を除去することができる反射測定を実現することができる。

【0032】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、複数の被試験光導波路の反射分布を同時測定することにより単位サンプル当たりの測定時間の短縮を可能とする低コヒーレントリフレクトメータおよび反射測定方法が実現できる。

【0033】これにより、従来困難であった後方レーリイ散乱による光導波路診断を迅速に行い、作製プロセスに評価結果を速やかにフィードバックすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明第一実施例の測定系の構成を示す図。

【図2】変調器に加えるランプ波形および正弦的に変化するビート信号を示す図。

【図3】本発明第一実施例の測定手順を示すフローチャート。

【図4】本発明第一実施例の測定結果を示す図。

9

10

【図5】本発明第二実施例の測定系を示す図。

【図6】従来の低コヒーレントリフレクトメータの測定系を示す図。

【図7】その他の従来例を示す図。

【符号の説明】

- 1 光源
2、12、40 光カプラ
3～6、13～20、41～46 ポート

7、26～30 被試験光導波路

8 コリメートレンズ

9 反射鏡

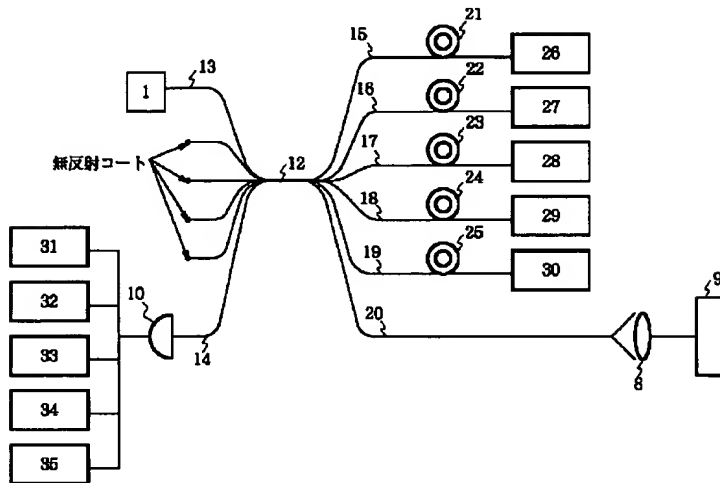
10 光検出器

11、31～35 レベルメータ

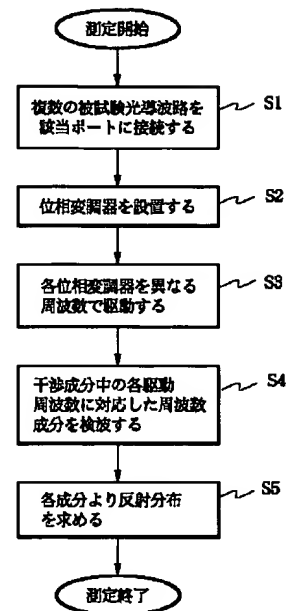
21～25 変調器

50 差動増幅器

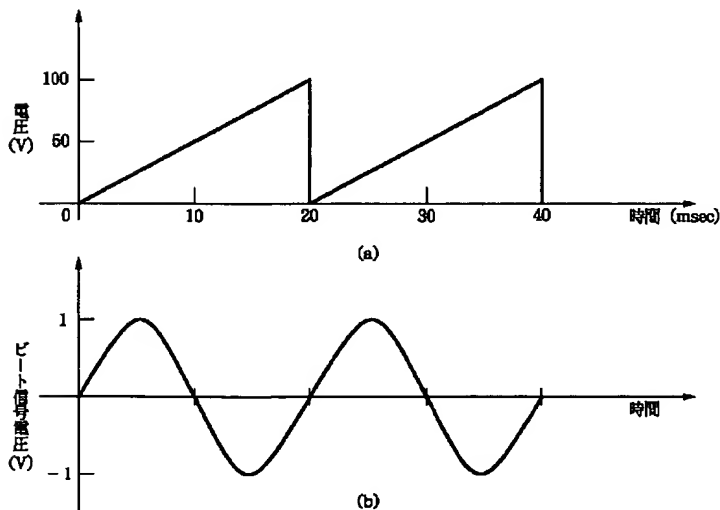
【図1】



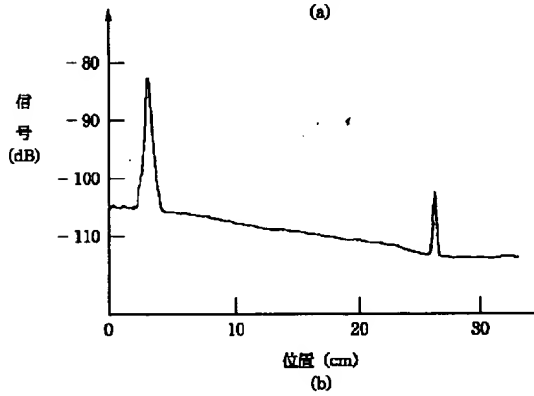
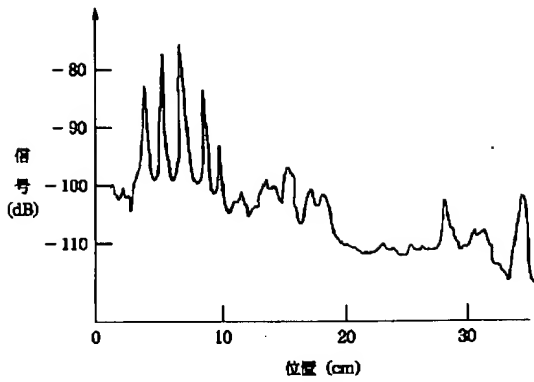
【図3】



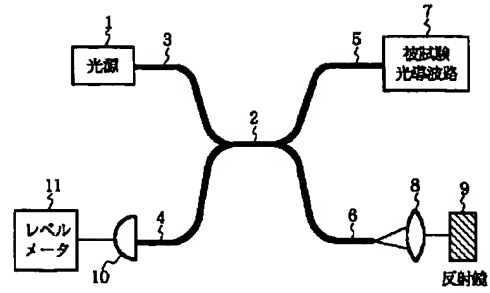
【図2】



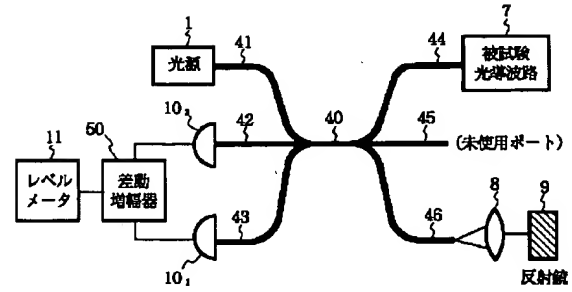
【図4】



【図6】



【図7】



【図5】

